

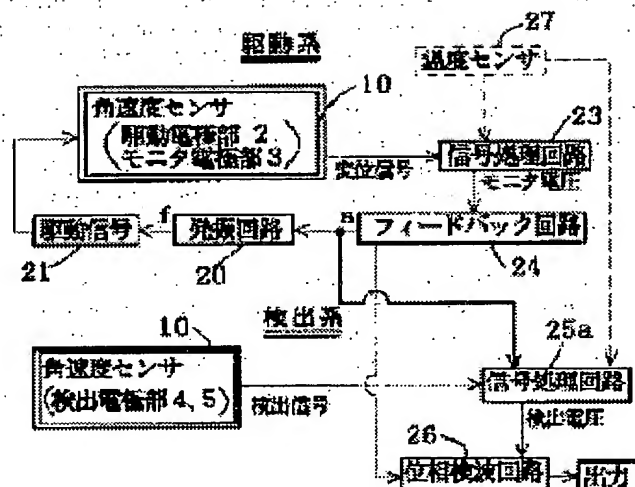
VIBRATION-TYPE GYRO APPARATUS

Patent number: JP10221083
Publication date: 1998-08-21
Inventor: HORI KENJI; KOBAYASHI SHINJI
Applicant: MURATA MFG CO LTD
Classification:
 - international: G01C19/56; G01P9/04; H01L29/84
 - european:
Application number: JP19970022523 19970205
Priority number(s):

Abstract of JP10221083

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a vibration-type gyro apparatus by which the temperature characteristic of an output signal in a detecting system is improved in the same manner as that in a driving system by a method wherein a feedback control signal which is formed for the temperature compensation of a mechanical Q-value in the driving system is utilized as the temperature compensation of a mechanical Q-value in the detecting system.

SOLUTION: A vibration-type gyro apparatus is provided at least with a driving electrode part 2 which drives a vibrating body, with a monitoring electrode part 3 which measures the amplitude of the vibration of the vibrating body and with detecting electrode parts 4, 5 which detect a vibration based on the Coriolis force. In the vibration-type gyro apparatus, detection signals of the detecting electrode parts 4, 5 based on the Coriolis force are corrected by using a feedback control signal (s) which is formed on the basis of the displacement signal of the monitoring electrode part 3 and which controls the amplitude of the vibration of the vibrating body so as to become constant.



BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

資料 2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-221083

(43)公開日 平成10年(1998)8月21日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G01C 19/56		G01C 19/56	
G01P 9/04		G01P 9/04	
H01L 29/84		H01L 29/84	Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

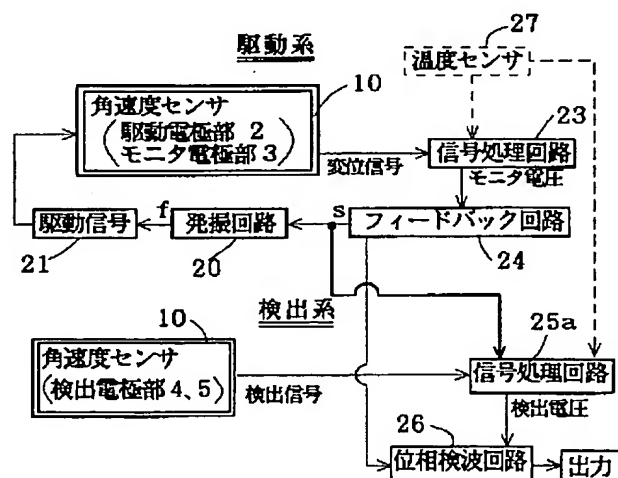
(21)出願番号	特願平9-22523	(71)出願人	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
(22)出願日	平成9年(1997)2月5日	(72)発明者	堀 憲治 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式 会社村田製作所内
		(72)発明者	小林 真司 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式 会社村田製作所内

(54)【発明の名称】 振動型ジャイロ装置

(57)【要約】

【課題】駆動系の機械的Q値の温度補償用として形成されたフィードバック制御信号を、検出系の機械的Q値の温度補償としても利用することにより、駆動系と同様に検出系の出力信号の温度特性を改善することを目的とする。

【解決手段】少なくとも振動体を駆動する駆動電極部2、振動体の振動の振幅を計測するモニタ電極部3、コリオリ力に基づく振動を検出する検出電極部4、5を備えてなる振動型ジャイロ装置において、モニタ電極部3の変位信号に基づいて形成され、かつ、振動体の振動の振幅を一定になるように制御するフィードバック制御信号sを用いて、コリオリ力に基づく検出電極部4、5の検出信号を補正することを特徴とする振動型ジャイロ装置。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも振動体を駆動する駆動電極部、前記振動体の振動の振幅を計測するモニタ電極部、コリオリ力に基づく振動を検出する検出電極部を備える振動型ジャイロ装置において、前記モニタ電極部の変位信号に基づいて形成され、かつ、前記振動体の振動の振幅を一定になるように制御するフィードバック制御信号を用いて、コリオリ力に基づく前記検出電極部の検出信号を補正することを特徴とする振動型ジャイロ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、手振れ防止カメラ、カーナビゲーション装置などに使用される振動型ジャイロ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の振動型ジャイロ装置は、例えば、図 3 に示すような機能ブロック回路より構成される。22 は図 4 に示すような角速度センサである。長方形の振動体 31 がその 4 隅部に設けられた L 字形の支持梁 32 を介して振動可能に固定部 33 に結合されている。また、振動体 31 の短辺の両側面には可動櫛歯電極 34a、35a が設けられている。また、これらの可動櫛歯電極 34a、35a と対抗してコンデンサを形成する固定櫛歯電極 34b、35b も設けられている。そして、この固定櫛歯電極 34b、35b は、固定電極 36a、37a にそれぞれ結合している。また、左側の可動櫛歯電極 34a と固定櫛歯電極 34b は駆動電極部 36 を構成し、右側の可動櫛歯電極 35a と固定櫛歯電極 35b はモニタ電極部 37 を構成している。

【0003】また、振動体 31 の長辺の両側面側には、間隔をおいて細長い検出電極 38a、38b がそれぞれ設けられている。そして、これらの検出電極 38a、38b と振動体 31 との間には、コンデンサが形成される。

【0004】点集合部分で示す振動体 31、可動櫛歯電極 34a、35a および L 字形支持梁 32 は、図示しない基板から浮いて自由振動可能になっている。

【0005】つぎに、角速度センサ 22 の概略の動作について説明する。駆動電極部 36 にピーク値が 0V と 5V の交流電圧を印加して振動体 31 を X 軸方向に振動させる。そして、モニタ電極部 37 は、振動体 31 (可動櫛歯電極 35a) の振動による静電容量の変化量を検出する。このように、角速度センサ 22 が振動しているときに、角速度センサ 22 が紙面に垂直なその中心軸を中心にして回転すると、振動体 31 は、コリオリ力により、Y 軸方向にも振動するようになる。そして、検出電極 38a と 38b とに増減する静電容量が交互に現れる。

【0006】図 3 において、20 は発振回路で、数 $k \sim$

数 10kHz の周波数 f で発振する。この発振周波数 f の発振電圧にバイアス電圧を重畳して、これを駆動信号 21 とする。23 は信号処理回路で、角速度センサ 22 のモニタ電極部 37 の検出した静電容量の変化量 (変位信号) を電圧に変換し、この変換された電圧 (モニタ電圧) の増幅を行う。24 はフィードバック回路で、加減算回路を有し、入力されたモニタ電圧を基準電圧と比較して、その大小により発振回路 20 の発振電圧を調整して、角速度センサ 22 の振動体 31 の振動振幅を一定に制御する。

【0007】発振回路 20 ~ フィードバック回路 24 の閉ループ回路は、振動型ジャイロ装置の駆動系の制御回路を構成している。振動型ジャイロ装置は、温度変化により、その弾性定数のみならず、特に、空気粘性抵抗により、駆動系の構造体の機械的 Q が低下して、コリオリ力の検出感度の低下を招く。即ち、この機械的 Q 値は、振動型ジャイロ装置を構成する振動体、可動櫛歯電極などの材料の弾性定数の温度係数、これらの構造体がかかっている空気温度、湿度などの外部環境条件によっても、変動する。特に、シリコンを材料とする半導体微細加工技術により製造された振動型ジャイロ装置においては、空気粘性抵抗によって変動する構造体の機械的 Q が変化する。前記閉ループ回路は、この機械的 Q 値の低下による振幅の減少を防止するため、振動体 31 の振動の振幅が一定振幅になるように制御するものである。

【0008】つぎに、検出系において説明する。検出電極 38a、38b が、コリオリ力の振動に基づいて検出した静電容量の変化量 (検出信号) は、信号処理回路 25 に入力されて、電圧 (検出電圧) に変換される。この検出電圧は、位相検波回路 26 に入力され、フィードバック回路 24 からの変位信号を基準位相として、位相検波され、コリオリ力に基づく角速度信号が得られる。そして、この角速度信号は増幅されて出力される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の振動型ジャイロ装置は、加速度センサ 22 の振動体 31 を、温度変化による空気粘性抵抗に抗して、一定振幅に制御する駆動系のフィードバック回路は設けられているが、温度変化による空気粘性抵抗に抗して、検出系の機械的 Q 値の変動による検出感度を一定に補償する回路は設けられていない。

【0010】即ち、振動体 31 の機械的 Q 値は、前述のように、振動体 31 のヤング率などの弾性定数、特に周囲気体の粘度に大きく依存している。この機械的 Q 値は、振動体 31 が大気圧下で動作する場合には、温度依存性を有する空気粘性に影響される。振動型ジャイロ装置においては、振動体 31 の振動変位が一定になるようにフィードバック回路を介してループ制御される。即ち、温度変化により空気粘性が変化して、空気粘性

抵抗が変化しても、駆動電極部 3 6、モニタ電極部 3 7 および振動体 3 1 を含む駆動系の振動振幅は一定に保たれる。

【 0 0 1 1 】しかしながら、従来の振動型ジャイロ装置においては、検出電極部 3 8 a、3 8 b および振動体 3 1 を含む検出系は、振動系と同じ空気粘度の下で動作しているにも関わらず、駆動系のような空気粘性抵抗による補正手段を有していなかった。そのため、従来の振動型ジャイロ装置は、検出系の機械的 Q 値が小さくなり、検出感度が低下していた。

【 0 0 1 2 】そこで、本発明は、駆動系の機械的 Q 値の温度補償用として形成されたフィードバック制御信号を、検出系の機械的 Q 値の温度補償用としても利用することにより、駆動系と同様に検出系の検出信号の温度特性を改善することを目的とする。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】この発明は、少なくとも振動体を駆動する駆動電極部、前記振動体の振動の振幅を計測するモニタ電極部、コリオリ力に基づく振動を検出する検出電極部を備えてなる振動型ジャイロ装置において、前記モニタ電極部の変位信号に基づいて形成され、かつ、前記振動体の振動の振幅を一定になるように制御するフィードバック制御信号を用いて、コリオリ力に基づく前記検出電極部の検出信号を補正するものである。

【 0 0 1 4 】この発明は、振動体の振動の振幅をモニタ電極部で静電容量の変化量（変位信号）として検出し、この検出した電気量を、例えば、電圧（モニタ電圧）に変換し、このモニタ電圧を設定基準電圧と比較して、フィードバック制御信号を形成する。このフィードバック制御信号を振動体、駆動電極部などよりなる駆動系の発振回路にフィードバックさせると同時に振動体、検出電極部などよりなる検出系の信号処理回路にも入力する。そして、温度変化に基づく空気粘性抵抗の変動による駆動系の振動体の振動の振幅の変動を一定に制御すると同時に、温度変化に基づく空気粘性抵抗による検出系の振動体の振動の変動による検出感度の変動を補償する。この補償値は、駆動系に対する補償値と 1 対 1 には対応してはいない。それは、振動型ジャイロ装置の構造、動作において、駆動系と検出系の機械的 Q が相違するからである。

【 0 0 1 5 】

【発明の実施の形態】つぎに、本発明の振動型ジャイロ装置の実施例について図 1 および図 2 を参照して説明する。なお、図 1 においては、図 3 に示す従来の振動型ジャイロ装置の改良に関するものなので、図 3 と同一部分には同一番号を付すことにする。

【 0 0 1 6 】まず、図 2 を参照して、本実施の中心となる角速度センサ 1 0 の構造および機能について説明する。1 は長方形板状の振動体で、その長手方向の両端部

からは、直角かつ両方向にそれぞれ可動柄 2 a、3 a が伸びている。この可動柄 2 a、3 a の片側には、複数本の平行する可動櫛歯電極 2 b、3 b（点集合部分）が直角方向に形成されている。また、この可動櫛歯電極 2 b、3 b と対抗してコンデンサを形成する複数本の固定櫛歯電極 2 c、3 c と、これらの固定櫛歯電極 2 c、3 c に直角に結合している固定電極 2 d、3 d（白地部分）とが、図示しない基板の表面に形成されている。そして、左側の可動櫛歯電極 2 b と固定櫛歯電極 2 c とは駆動電極部 2 を構成し、右側の可動櫛歯電極 3 b と固定櫛歯電極 3 c とはモニタ電極部 3 を構成している。

【 0 0 1 7 】駆動電極部 2 およびモニタ電極部 3 の可動櫛歯電極 2 b、3 b と振動体 1 とは、半導体微細加工技術を用いて、シリコンにより一体に形成されているので、それらの振動変位は同一となる。したがって、モニタ電極部 3 は、駆動電極部 2 および振動体 1 の変位を静電容量を介して検出するモニタの機能を果たす。

【 0 0 1 8 】また、振動体 1 の両側面からは複数本の可動柄 4 a、5 a がそれぞれ直角方向に伸びて、その両側に可動櫛歯電極 4 b、5 b（点集合部分）をそれぞれ形成している。また、この可動櫛歯電極 4 b、5 b と対抗してコンデンサを形成する固定櫛歯電極 4 c、5 c（白地部分）、これらに結合している固定柄 4 d、5 d、また、これらに結合している固定電極 4 e、5 e、及びこれらの引出電極 4 f、5 f が、図示しない基板にそれぞれ形成されている。

【 0 0 1 9 】そして、上側の可動櫛歯電極 4 b と固定櫛歯電極 4 c および下側の可動櫛歯電極 5 b と固定櫛歯電極 5 c は、それぞれ検出電極部 4、5 を構成する。

【 0 0 2 0 】更に、振動体 1 は、可動柄 2 a、3 a の先端にそれぞれ結合されたコ字型支持梁 6 a、7 a を介して固定部 6、7 に水平面方向に振動可能にそれぞれ支持されている。

【 0 0 2 1 】つぎに、図 2 に示す角速度センサ 1 0 の動作について説明する。駆動電極部 2 の可動櫛歯電極 2 b と固定櫛歯電極 2 c とに、例えば、任意アイアスの 2 V ピークツウピークの交流信号を印加する。すると、可動櫛歯電極 2 b は、静電気力により固定櫛歯電極 2 c と対抗面積を拡大するように、固定電極 2 d の方に吸引されたり、またこの吸引が解除されたりして、振動体 1 を X 軸方向に振動させる。そして、モニタ電極部 3 の可動櫛歯電極 3 b も振動体 1 と同様に振動して、可動櫛歯電極 3 b と固定櫛歯電極 3 c との間に、変化する静電容量（変位信号）が形成される。この変位信号を検出して、振動体 1 の振動の振幅が一定振幅になるように、後述のフィードバック回路により制御する。

【 0 0 2 2 】振動体 1 が X 軸方向に振動しているときに、この角速度センサ 1 0 が紙面に垂直な Z 軸を中心に回ると、Y 軸方向にコリオリ力による振動が現れて、振動体 1 は Y 軸方向にも振動するようになる。す

ると、振動体 1 の両側の検出電極部 4、5 の静電容量が、一方は増加し、他方は減少するようになる。この増減する静電容量（検出信号）を電圧変換して差動増幅することにより、X 軸方向の振動成分を除去し、Y 軸方向のコリオリ力による振動成分を抽出して回転角速度およびこれを積分して回転角度を求めることができる。

【0023】つぎに、図 1 を参照して、ブロック回路の構成と機能について説明する。まず駆動系において、発振回路 20 は、例えば、CR 発振回路、ウィーンブリッジ発振回路などによりなり、数 $k \sim$ 数 10 kHz の周波数 f で発振する。この発振周波数 f の発振電圧にバイアス電圧を重畳して、これを駆動信号 21 とする。

【0024】つぎに、駆動信号 21 を、図 2 に示すように、角速度センサ 10 の駆動電極部 2 の可動櫛歯電極 2b と固定櫛歯電極 2c との間に印加して、静電気力により可動櫛歯電極 2b を固定電極 2d の方に吸引したり、また、この吸引を解除したりして、振動体 1 を X 軸方向に振動させる。このとき、モニタ電極部 3 の可動櫛歯電極 3b は、前述のように、駆動電極部 2 の可動櫛歯電極 2b および振動体 1 と一体に形成されているので、これらと同一振幅で振動し、モニタ電極部 3 は振動体 1 の振動の変位を静電容量の変化量として検出する。

【0025】このモニタ電極部 3 の検出した静電容量 (C) の変化量（変位信号）は、信号処理回路 23 に入力される。この信号処理回路 23 で、静電容量の変化量を電圧に変換し、この変換された電圧（モニタ電圧）の増幅を行う。このモニタ電圧は、フィードバック回路 24 に入力される。このフィードバック回路 24 において、モニタ電圧は、加減算回路の基準電圧と比較される。そして、加減算回路は、基準電圧に対し、モニタ電圧が基準電圧より大きい場合には、その出力電圧を減じ、モニタ電圧が小さい場合には、その出力電圧を増加するようなフィードバック制御信号 s を、駆動系の発振回路 20 に供給する。

【0026】つぎに、このフィードバック制御信号 s の詳細について説明する。図 2 において、駆動電極部 2 は、駆動信号 21 により動作し、振動体 1 を振動させている。ここに、例えば、周囲の温度が上昇することにより空気粘度が増加したとする。すると、空気粘性抵抗が増し、振動体 1 の機械的振動はこの空気粘性抵抗によりダンピングされて、その機械的 Q 値が低下し、その振動の振幅が小さくなる。すると、モニタ電極部 3 の可動櫛歯電極 3b と固定櫛歯電極 3c との対抗する面積の変化率が小さくなって、モニタ電極部 3 の検出する静電容量の変化量（変位信号）も小さくなる。信号処理回路 23 で容量 (C) から電圧 (V) に変換されたモニタ電圧の振幅も当然小さくなる。このモニタ電圧が、フィードバック回路 24 に入力されて、前記加減算回路の基準電圧と比較され、その差分が電圧増幅されてフィードバック制御信号 s となる。このフィードバック制御信号

s により、周囲温度の変化に基づく空気粘性抵抗の増減による振動体 1 の振幅の変動が一定振幅になるように制御される。

【0027】つぎに、検出系について説明する。図 2 において、振動型ジャイロ装置 10 が、X 軸方向に振動しているときに、その中心に位置する Z 軸を中心にして回転すると、コリオリ力により、振動体 1 は Y 軸方向にも振動するようになる。そして、振動体 1 の両側にある検出電極部 4、5 の可動櫛歯電極 4b、5b は、固定櫛歯電極 4c、5c に一方は接近して静電容量が増加し、他方は離れて静電容量が減少することになる。この増減する静電容量（検出信号）が信号処理回路 25a に入力されて、容量 (C) から電圧 (V) に変換されると共に、差動増幅されて検出電圧が形成される。

【0028】一方、信号処理回路 25a には、太線で示すように、フィードバック制御回路 24 からのフィードバック制御信号 s も、入力される。このフィードバック制御信号 s は、振動体 1 の駆動方向の振動の振幅を一定にするためのものであるが、前記検出系の検出した検出信号に基づいて形成された検出電圧にフィードバック制御信号 s の制御係数を乗じることにより、検出電圧の出力にフィードバック制御信号 s の作用を及ぼすものである。これにより、コリオリ力を検出する検出系も、駆動系と同様に、温度変化に基づく空気粘性抵抗による機械的 Q 値の温度補償がなされることになる。なお、駆動系の前記制御係数を検出系の出力に乗じるにあたっては、検出系の構造を勘案した設計段階で確認している補正值が同時に乗じられる。

【0029】また、信号処理回路 25a には、温度センサ 27 からの周囲温度の情報も入力され、前記検出電圧には、さらに空気粘度の温度係数による温度特性を補償するために補償係数が増幅度の形で乗じられる。この温度センサ 27 は、上記フィードバック回路 24 が温度変化による空気粘性抵抗に基づく振動体 1 などの機械的 Q 値の補償を行うのに対し、信号処理回路 25a などの回路の周囲温度に対する温度補償を行うものである。

【0030】このように、補償された検出電圧は、位相検波回路 26 に入力されて位相検波される。この位相検波回路 26 では、駆動系、例えば、フィードバック回路 24 から駆動系の電圧（モニタ信号）を取り入れて、このモニタ信号を基準位相として、このモニタ信号の位相に対し、 90° の位相差のあるコリオリ力に基づく信号のみを取り出して、換言すれば、 90° 以外のノイズ成分は除外して出力することになる。この出力がコリオリ力に基づく角速度成分であり、この出力を積分することにより回転角度を求めることができる。

【0031】

【発明の効果】本発明は、駆動系の機械的 Q 値の温度補償用として形成されたフィードバック制御信号を、検出系の機械的 Q 値の温度補償としても利用し、温度変化に

7

基づく空気の粘性抵抗の変動による駆動系の振動体の振動の振幅の変動を一定に制御すると同時に、温度変化に基づく空気の粘性抵抗による検出系の振動体の振幅の変動に基づく検出信号の変動を補償することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の振動型ジャイロ装置の一実施例のブロック回路図

【図 2】 本実施例の振動型ジャイロ装置における角速度センサの平面図

【図 3】 従来の振動型ジャイロ装置のブロック回路図

【図 4】 従来の振動型ジャイロ装置における角速度センサの平面図

【符号の説明】

- | | |
|-----------------|--------|
| 1 | 振動体 |
| 2 | 駆動電極部 |
| 2 b、3 b、4 b、5 b | 可動櫛歯電極 |

2 c、3 c、4 c、5 c

3 モニタ電極部

4、5 検出電極部

6、7 固定部

6 a、7 a

コ字型支持梁

f

発振周波数

s

フィードバック制御信号

1 0

角速度センサ

2 1

発振回路

2 2

駆動信号

2 3

信号処理回路

2 4

フィードバック回路

2 5 a

信号処理回路

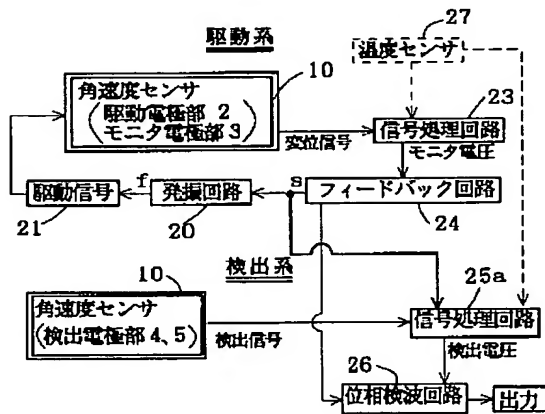
2 6

位相検波回路

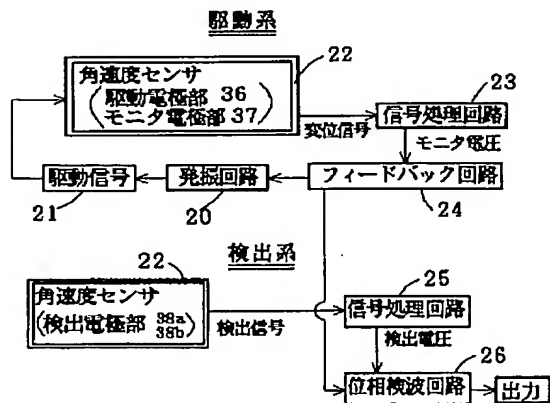
2 7

温度センサ

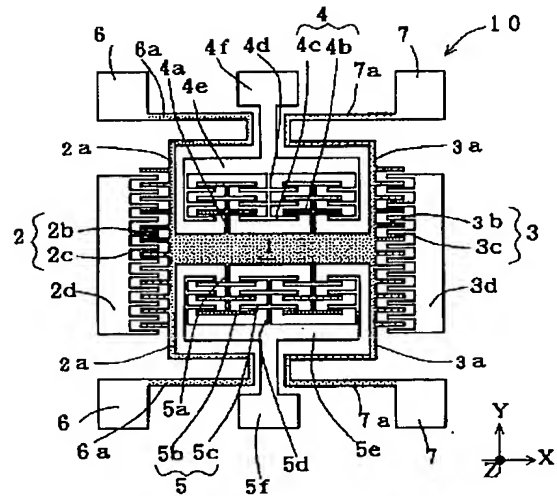
【図 1】



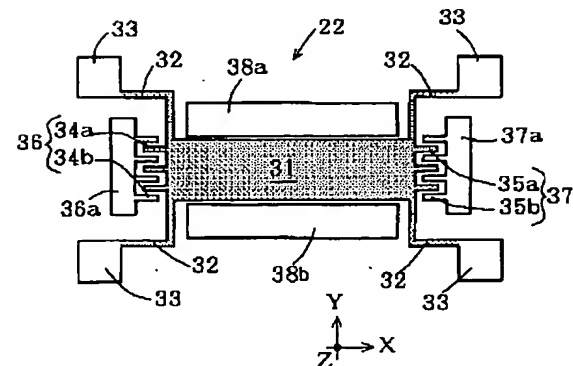
【図 3】



【図 2】



【図 4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)